

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO E DA GEOMORFOLOGIA DA BACIA NA EFICIÊNCIA DE RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO

Daniela Mendes Rossi^{1}; Arisvaldo Vieira Mello Junior²; Rubem La Laina Porto³*

Resumo – Uma das principais preocupações da sociedade é a recorrência de eventos extremos, como, por exemplo, a precipitação intensa, que causa um forte impacto na população atingindo habitações, atividades industriais, comerciais e serviços públicos e privados, além do transporte urbano e rodoviário ocasionando altos custos monetários e, em muitos casos, perdas humanas. Com o intuito de aprimorar as medidas de controle das inundações e a gestão dos sistemas de recursos hídricos visando à redução dos problemas provocados pela inundação, o presente estudo propõe uma metodologia que avaliará o impacto da distribuição espacial da precipitação conjuntamente com a geomorfologia da bacia. A aplicação da metodologia proposta está em andamento e ainda não há resultados, portanto neste artigo será realizada uma análise de desempenho da metodologia baseado em resultados obtidos por outros autores e que tiveram bons resultados.

Palavras-Chave – Distribuição espacial da precipitação, geomorfologia da bacia, reservatório de retenção.

ASSESS THE IMPACT OF THE SPATIAL RAINFALL DISTRIBUTION AND BASIN GEOMORPHOLOGY IN THE EFFICIENCY OF DETENTION RESERVOIRS.

Abstract – One of the main concern of society is the recurrence of extreme events, such as intense rainfall, which strongly impacts population, affecting houses, industrial and trading activities, public and private services, besides urban and road transport, causing high monetary costs and in many cases, human losses. In order to improve the structures of flood control and water management resources to reduce problems caused by flooding, this study proposes a methodology to assess the impact of the spatial rainfall distribution combined with the basin geomorphology. The proposed methodology is in progress and there are no results yet, thus this article presents an analysis of such methodology based on good results obtained by other papers.

Keywords – Spatial distribution of rainfall, geomorphology of the subcatchment, detention reservoirs.

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização desregrado aliado ao uso e ocupação do solo urbano de forma inadequada geralmente provoca sérios problemas de drenagem urbana com consequentes prejuízos econômicos. Uma particularidade da maioria das cidades é a sua origem ocupando os vales de rios, ou seja, nos pontos baixos das bacias hidrográficas. Com a impermeabilização do solo nas zonas periféricas decorrentes da expansão da urbanização e a ocupação das áreas de várzea o volume do escoamento das águas pluviais tende a aumentar e as redes antigas localizadas nos pontos mais baixos passam a ficar subdimensionadas.

¹ Mestrando em Hidráulica, Escola Politécnica, USP, dmrossi@gmail.com

² Professor Doutor da Escola Politécnica, arimellojr@gmail.com

³ Professor Doutor da Escola Politécnica, rlporto@usp.br

A inundação urbana   um problema complexo envolvendo a es multidisciplinares sobre a bacia hidrográfica como um sistema integrado e dinâmico. Seu controle envolve um conjunto de medidas estruturais e não estruturais que vão desde o planejamento do uso da terra urbana e rural,   realoca o humana e até o convívio com o problema. Com o intuito de melhorar a eficiência do sistema de drenagem, medidas estruturais de controle do escoamento pluvial são projetadas buscando contornar as mudanças nos ciclos hidrológicos, imitando e mantendo as condi es naturais existentes antes dos processos de urbaniza o e recuperar a capacidade de armazenamento perdida pela bacia urbanizada. Planos de controle do conjunto da bacia hidrográfica considerando a integra o de efeitos entre as mesmas na cidade devem ser elaborados.

Jeniffer et. al. (2010) cita que a quantifica o dos componentes individuais do ciclo hidrológico, especialmente em escala de bacia   um passo crucial na gestão integrada de bacias. A integra o eficaz de gestão de recursos hídricos exige oportunas, precisas e abrangentes informa es meteorológicas, hidrológicas e outras informa es relacionadas. Determinar a intensidade espacial e temporal da precipita o de entrada para uma bacia hidrográfica   necessário para o planejamento e gestão diária dos recursos hídricos.

A ocorrência de inunda es em diversos pontos da bacia sinaliza que o sistema de drenagem não comporta os volumes atuais gerados pela chuva. O aumento da impermeabiliza o provoca impactos no pico da vazão e no volume do hidrograma gerado. A redu o do tempo de concentra o da bacia provoca o aumento das velocidades de escoamento, que por sua vez concentra os maiores volumes de cheia de forma rápida nos trechos de jusante da bacia.

A utiliza o de reservatórios de deten o tem sido uma alternativa para a remedia o do problema, retendo parte do escoamento superficial gerado durante as precipita es, para depois fazer sua devolu o de forma lenta e gradual aos leitos dos córregos e rios promovendo o retardamento do escoamento e conseqentemente a redu o das vazões máximas. Reduz o pico de cheia pelo armazenamento temporário e conveniente do volume escoado. No entanto, sua implanta o tem sido realizada de forma pouco conseqente, sem planejamento e pondera o quanto às dificuldades e implica es dessa atitude. Denota-se também a necessidade de avalia o da eficiência destes dispositivos e de normatiza o das formas de aplica o, dimensionamento, opera o e manuten o. Além disso, são necessárias a sensibiliza o, a conscientiza o e a educa o em todos os níveis.

  not rio que em alguns casos essa medida não   suficiente para atender o volume de escoamento gerado, sendo comum observar alagamento em regiões críticas. A eficiência dos reservatórios está relacionada com suas características e localiza o na bacia hidrográfica. Um reservatório extremamente eficiente para um determinado local da bacia pode não apresentar a mesma eficiência em outro ponto. Em um sistema de drenagem com mais de um dispositivo de controle de cheia, deve ser feita uma análise conjunta dos reservatórios.

Dessa forma, este estudo propõe uma abordagem para auxiliar na tomada de decisão na escolha da implanta o dos reservatórios de deten o utilizando modelos digitais de terreno para analisar as características da bacia durante a escolha da melhor localiza o e propondo uma nova metodologia de cálculo da precipita o de projeto levando-se em conta não apenas a sua varia o temporal como também a varia o espacial aliada   geomorfologia da bacia.

Dodov e Georgiou (2005) e Jeniffer et. al. (2010) estudaram essa influência para as bacias dos rios Chikaskia/Gasconade e em regiões secas da África Sub-Sahariana respectivamente e obtiveram bons resultados como podem ser vistos nos item 3.

A principal entrada de água do sistema é feita através da precipitação que é a água proveniente no meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitação. O que diferencia essas formas de precipitação é o estado em que a água se encontra. No caso de drenagem urbana a forma pluviométrica é a que causa maiores problemas e pode ser classificada em três tipos básicos: convectiva, frontal e orográfica.

Além dos tipos de chuvas, alguns fenômenos são conhecidos por influenciar a formação da precipitação em certas regiões. O processo de crescimento das áreas urbanas pode provocar um fenômeno conhecido como “Ilhas de Calor”. Esse processo caracteriza-se pelo incremento da temperatura nos centros urbanos em relação às áreas de entorno que pode ser explicado pelo uso de materiais na construção civil que armazenam calor e das áreas mais adensadas e menos arborizadas tenderem a apresentar temperaturas mais elevadas, mesmo durante a noite. A brisa marítima é um fenômeno diário formado por ventos que sopram do mar para o continente durante o dia e em sentido contrário à noite. Durante o dia a temperatura da terra se eleva mais rapidamente que a da água. Isso acontece porque o calor específico da água é maior que o da terra. Alguns estudos foram realizados para o município de São Paulo com o intuito de verificar a influência desses fenômenos na formação da precipitação que atinge a cidade.

Oliveira e Dias (1982) analisaram os dados de pressão, vento, temperatura, umidade, insolação e cobertura de nuvens visando a caracterização da variação diurna do vento em São Paulo e a identificação da penetração da brisa marítima.

Pereira Filho *et al.* (2004) apresentaram um estudo sobre a influência do tipo de chuva nos eventos extremos ocorridos na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) compreendendo uma análise de eventos de enchentes por meio de dados de mesoescala com ênfase aos eventos associados com a ilha de calor da RMSP e a brisa marítima. Eles citam que na RMSP a maioria dos episódios de enchentes estão associados ao forte aquecimento diurno, convergência induzida pelo aquecimento e interação com a circulação de brisa marítima.

Borges e Pereira Filho (2000) analisaram as condições de superfície que antecedem chuvas convectivas na cidade de São Paulo no período de verão de 1997/1998, 1998/1999 e 1999/2000 e avalia o efeito da penetração da brisa marítima na evolução temporal das variáveis meteorológicas. Os resultados sugerem que o horário de penetração da brisa marítima pode determinar a intensidade da chuva convectiva. A penetração da brisa anterior ao horário de máxima temperatura pode aumentar a nebulosidade e, portanto, reduzir a radiação solar incidente na superfície, diminuindo o nível de instabilidade convectiva. Por outro lado, caso ela penetre muito mais tarde, pode haver uma redução da instabilidade convectiva devido à perda radiativa de onda longa e redução da energia solar incidente.

Durante a elaboração dos projetos as estruturas de drenagem são dimensionadas para suportar a vazão de projeto que está associada ao período de retorno adotado para cada tipo de obra. Na maioria dos casos, os dados de vazão não são disponíveis e então essa vazão é estimada a partir da precipitação de projeto. A precipitação é caracterizada pela altura pluviométrica, distribuição temporal e espacial, intensidade e frequência. A precipitação máxima é conhecida como a ocorrência extrema crítica para uma área ou bacia hidrográfica.

O método mais utilizado atualmente para obter a precipitação máxima utiliza as curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF), que resultam de séries de dados pluviográficos retratando-a pontualmente. Essas curvas foram determinadas no Brasil para um grande número de cidades em 1958 e ainda é utilizado apesar das séries estarem desatualizadas. Tucci (2011) questiona em seu blog a utilização dessas curvas sem sua atualização e ainda menciona que além da IDF são

necessários vários outros estudos relacionados com a distribuição temporal e espacial da precipitação.

Como citado no Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, elaborado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (2012), a aquisição de informações de precipitação passa por grandes transformações, decorrente da modernização das tecnologias de obtenção de dados, como os radares meteorológicos e técnicas de telemetria. Essas técnicas, como as redes de telemedição, permitem uma abrangência significativa na caracterização dos dados de precipitação.

A chuva, entre os parâmetros hidrológicos é o mais difícil de medir, devido à sua grande variabilidade temporal e espacial e descontinuidade. O objetivo de um posto de medição de chuvas é o de obter uma série ininterrupta de precipitações ao longo dos anos. No entanto, a medição de chuva através de pluviômetros é falha já que em muitos casos pode ocorrer a existência de períodos sem informações ou com falhas nas observações devido a problemas com os aparelhos de registro e/ou com o operador do posto implicando numa análise dos dados coletados antes de serem utilizados além de ser limitada, pois quantifica a chuva em certos pontos pré-determinados, não oferecendo uma cobertura adequada e não apresenta a sua variação espacial, pois se sabe que a precipitação é um processo dinâmico, em constante mudança na forma e intensidade à medida que passa através de uma determinada área.

Uma forma de melhorar os dados de chuvas utilizados na modelação hidrológica é recorrer à integração dos dados dos pluviômetros com os dados de telemetria e imagens de radar. Com essa integração é possível analisar a influência da variação espacial da chuva na bacia nos eventos de inundação como pode ser visto em estudos que já vem sendo dedicado à investigação dessa influência.

Rocha Filho (2010) avaliou os dados disponíveis no município de São Paulo através da rede telemétrica e do radar estudando os aspectos hidrológicos da Bacia do Rio Pirajuçara por meio do modelo TOPMODEL que foi modelado e calibrado utilizando os dados da telemetria da Bacia do Alto Tietê, radar meteorológico de São Paulo e a combinação de ambos por meio de análise objetiva estatística.

A proposta deste estudo é apresentar uma nova metodologia de cálculo do volume de escoamento para o dimensionamento de estruturas de retenção numa bacia hidrográfica levando em conta a variação espaço-tempo da precipitação através da integração de dados de rede telemétrica e imagens de radar e sistema de informações geográficas para determinar as características da bacia. A implementação de tecnologias de telemetria para a observação de processos atmosféricos e a disponibilidade de radar nas estimativas de chuva pode fornecer uma boa base para melhorar a precisão de previsão de inundação utilizando as informações espaciais da precipitação aliada ao modelo digital de terreno para uma melhor compreensão da resposta da bacia. A associação dessas informações aperfeiçoaria o dimensionamento dos reservatórios uma vez que o projetista obteria informações mais apuradas sobre a localização dos pontos mais críticos da bacia para decidir o local da implantação dos mesmos.

2. METODOLOGIA

A bacia escolhida para este estudo será a bacia hidrográfica do córrego Aricanduva, afluente da margem esquerda do rio Tietê, na altura da Penha, zona leste da RMSP sendo escolhida por ser uma das principais bacias urbanas da cidade de São Paulo. Com uma área de drenagem de aproximadamente 100 km². Os cursos médio e inferior do Rio Aricanduva já se situam em áreas mais densamente ocupadas, que geram cheias de grande magnitude até o seu desemboque no Rio Tietê, pois em épocas de chuva o córrego recebe um volume de água acima da capacidade de sua

calha, com alagamento de trechos de vias e áreas urbanas. Atualmente a bacia conta com 8 reservatórios já construídos como pode ser visto na Figura 1.

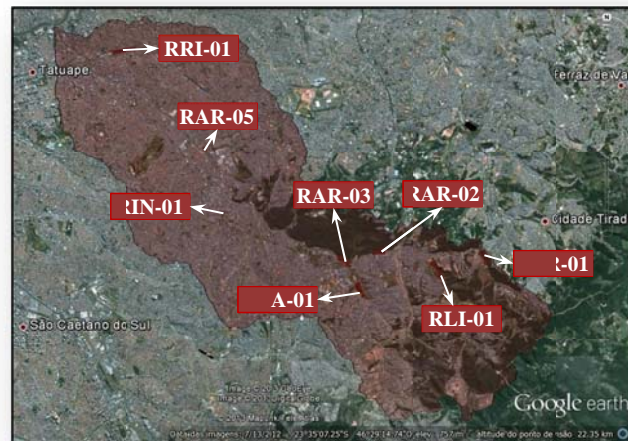


Figura 1. Bacia do Córrego Aricanduva e localização dos reservatórios de retenção existentes

Para a execução do presente estudo deverá ser utilizado o cadastro existente do sistema de drenagem implantado atualmente para desenhar o sistema existente no modelo hidrológico PCSWMM que é um modelo adaptado do EPA SWMM5 desenvolvido pela CHI Water Int.. Para a modelagem do sistema será utilizada a rede hidrográfica apresentada pela FCTH que pode ser verificada no Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo

Por meio de método ou modelo matemático e de dados de altitude adquiridos em mapas topográficos, técnicas de aerofotogrametria ou em imagens de satélite, é possível modelar digitalmente uma superfície. O Modelo Digital de Terreno (MDT) é uma representação matemática contínua da distribuição espacial das variações de altitude numa área. Ele serve de base para a elaboração de modelo de terreno de uma bacia de estudo fornecendo parâmetros necessários para a simulação como área e perímetro da bacia e das sub-bacias, declividade do terreno, o caminhamento do sistema de drenagem, entre outros. A base de dados topográfica foi obtida através da FCTH.

Os dados passaram por procedimentos de consolidação e consistência para evitar problemas relacionados a possíveis falhas e descontinuidade das informações, eliminando pontos cotados com atributos incoerentes de cota e curvas de nível inconsistentes, adequando esta nova base de dados à geração dos MDTs da bacia. Além das cotas, a hidrografia definida no Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de São Paulo (2013) elaborado pela FCTH foi utilizada para refinar o MDT. É importante que o sentido das linhas que compõem a hidrografia esteja direcionado de montante para jusante, ou seja, do ponto mais alto para o ponto mais baixo. Os arquivos devem ser reprojatados para o sistema SIRGAS 2000 UTM 23S, de acordo com a tendência atual, sendo o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas em sua realização no ano de 2000 (SIRGAS2000), o novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). O MDT gerado pode ser visto na Figura 2a.

Para auxiliar a construção das redes de modelagem das bacias e melhor visualizar os resultados obtidos pode-se utilizar ortofotos como pano de fundo. Essas imagens permitem visualizar todos os detalhes de interesse registrados nas imagens, facilitando a tomada de decisões e também melhor avaliação dos impactos eventualmente causados pelas cheias. Elas também devem

ser reprojatadas para o sistema SIRGAS 2000 UTM 23 para manter a compatibilidade com o sistema de projeção adotado na modelagem.

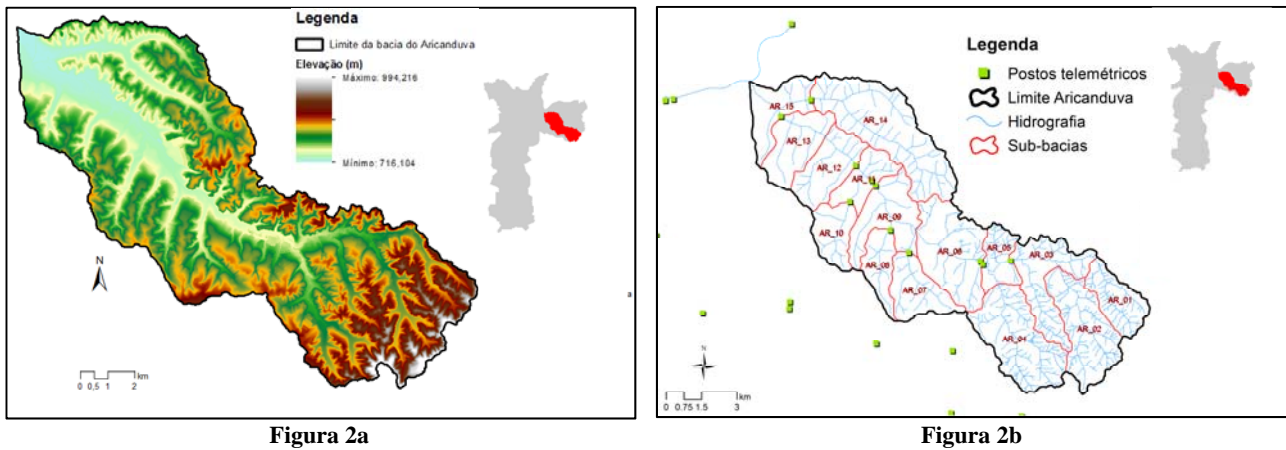


Figura 2a

Figura 2b

Figura 2. (a) Modelo Digital do Terreno da bacia hidrográfica do Córrego Aricanduva e (b) limite das sub-bacias

As bacias hidrográficas urbanas possuem enorme diversidade espacial. Para representar essa heterogeneidade durante a modelagem e melhorar sua precisão a bacia foi dividida em sub-bacias de acordo com os pontos de interesse, tais como infraestrutura de drenagem existente, caso deste estudo, as estruturas de contenção de cheias, ocupação do solo, áreas de contribuição, pontos de controle de precipitação e vazão, onde já estão instalados postos pluviométricos, fluviométricos ou ambos no. Essa divisão pode ser feita a partir do MDT e é apresentada na Figura 2b.

A modelagem hidrológica ainda necessita de algumas características da bacia que podem ser obtidas através do MDT. As áreas e os perímetros são determinados através do aplicativo ArcGis. As larguras devem ser calibradas, mas como uma estimativa inicial pode-se usar uma relação entre a área e o valor médio dos comprimentos máximos de escoamento superficial. A declividade média da bacia pode ser estimada utilizando a ferramenta “Zonal Statistics a Table” do aplicativo ArcGis que necessita dos limites de cada área das sub-bacias e as declividades geradas a partir do MDE. O coeficiente de Manning também é calibrado e um valor inicial pode ser estimado através de tabelas disponíveis na literatura. Existem várias metodologias para a estimativa da área impermeável baseadas na densidade demográfica ou na densidade de domicílios que estão disponíveis no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Algumas metodologias associam esses dados à imagens de satélites a fim de aprimorar a precisão dos dados. Deverá ser escolhido o método que apresente melhores resultados.

A partir da hidrografia consolidada a rede de fluxo será construída para a modelagem. Para possibilitar a modelagem hidráulica, deverão ser inseridos os dados dos canais e estruturas hidráulicas dos trechos escolhidos. Os condutos são dispositivos através dos quais a água é propagada dentro do sistema de drenagem (galerias pluviais, sarjetas e canais naturais). Os parâmetros necessários para a modelação são: comprimento, declividade, rugosidade, seção transversal, vazão de base. Os nós são as junções que ligam os condutos e que recebem a contribuição das sub-bacias, fisicamente são representados pelo encontro de condutos e bocas de lobo. Os parâmetros de entrada são: cota de fundo, altura máxima, vazão de base. Os nós também podem representar as estruturas de retenção e suas estruturas de entrada e saída podem ser caracterizadas por condutos, orifícios e vertedores.

Os dados de precipitação serão obtidos através dos dados integrados radar e de pluviômetros. Deverão ser escolhidos dados de dias em que houve eventos extremos e inundação na área de interesse. Alguns modelos hidrológicos como o SWMM permitem a criação de cenários de comparação onde poderão ser feitos testes com vários eventos extremos de chuva para melhorar a calibração do modelo e comparar a influência da variação espaço-tempo da chuva na bacia.

O primeiro cenário a ser modelado deve ser a situação de projeto. Com os dados do sistema existente e os parâmetros utilizados no projeto pode-se criar uma base de comparação de como o sistema deveria atuar. Os próximos cenários devem modelar alguns eventos extremos que tiveram impacto na bacia causando inundações e prejuízos mesmo com as estruturas instaladas. Nesses cenários, além da mancha de inundação pode ser observada a variação espacial da chuva associada a geomorfologia da bacia analisando sua influência na formação dos pontos de alagamentos e ainda analisar se há uma tendência na forma em que a chuva passa pela bacia. Outros dois cenários interessantes seriam: 1 – simular uma situação com um evento extremo que ocorreu em outra bacia para ver o que aconteceria se tivesse ocorrido na bacia em estudo; 2 – sugerir a implantação de outro reservatório ou mudar algum reservatório existente de lugar para verificar a eficiência do sistema com o novo layout.

3 – ANÁLISE DE DESEMPENHO DA METODOLOGIA

A aplicação da metodologia proposta está em andamento e ainda não há resultados. Neste artigo será realizada uma análise de desempenho da metodologia baseado em resultados obtidos por outros autores.

Dodov e Georgiou (2005) estudaram a influencia da incorporação da distribuição espaço-tempo da chuva e a geomorfologia da bacia na análise da dinâmica da vazão nas bacias dos rios Chikaskia, Oklahoma e Gasconade, Missouri. Foram escolhidas duas bacias com ambientes geológicos completamente diferentes a fim de analisar o efeito do controle geológico sobre a qualidade da previsão de vazões.

Eles alcançaram os seguintes resultados: (1) A inclusão de informações sobre chuvas melhorou a previsibilidade de vazões (até 18% no caso de Rio Chikaskia ou superior a 6% no caso do rio Gasconade), em comparação com a previsão com base em apenas dados de vazão; (2) As informações sobre a distribuição espacial da precipitação aumentaram a precisão da previsão (até 12% para o Rio Chikaskia e até 5% para Gasconade River), em comparação com a previsão com base nas chuvas médias ao longo de toda a bacia. (3) A diferença na precisão da previsão devido à informação sobre a distribuição espacial da precipitação depende das características geológicas da bacia. Isto é sugerido pelo fato de que mais melhorias foram alcançadas no caso de rio Chikaskia (aproximadamente 10-15%), enquanto que no caso de rio Gasconade a precisão da previsão é significativamente afetada pelo efeito de suavização do aquífero calcário (melhoria de aproximadamente 3-8%).

Eles concluíram que a inclusão de informações sobre a chuva, tal como sua distribuição espacial melhorou a precisão da previsão de vazão para essas bacias e tem que ser considerada no contexto da sua relação com fatores importantes como a geomorfologia e a geologia da bacia.

Jeniffer et. al. (2010) indicaram que a distribuição da chuva na bacia Makanya é altamente variável se movimentado das planícies para as montanhas. A comparação dos resultados obtidos durante o estudo com os dados existentes de precipitação revelou que a metodologia melhorou a precisão de previsão em cerca de 10% sugerindo que essa metodologia deve ser melhor explorada para regiões onde há deficiência de postos pluviométricos.

Rocha Filho (2010) observou que as vazões simuladas com um único pluviômetro próximo ao exutório da bacia do Pirajuçara foram, em geral, subestimadas por causa da falta de representatividade espacial e morfologia dos sistemas precipitantes. O estudo mostra que o radar meteorológico é uma ferramenta importante e indispensável para simulações hidrológicas com alta resolução espaço-temporal, no entanto é preciso tomar cuidado com os erros na estimativa de precipitação, para não resultar em discrepâncias na simulação de vazão. Estas podem ser minimizadas por meio da integração dos dados de telemetria.

4 – CONCLUSÃO

A imensa maioria de estudos de cheias urbanas no Brasil baseia-se na determinação de chuvas pontuais por meio de relações I-D-F. Os valores obtidos podem, ou não, ser estendidos para toda a bacia por meio de coeficientes empíricos de transformação de chuva pontual em chuva média na bacia. Desconhecem-se estudos brasileiros a respeito deste assunto e, portanto, nosso meio técnico costuma utilizar pesquisas elaboradas em diferentes condições climáticas. Além do mais a metodologia citada não considera as distribuições espaciais e temporais das tormentas, que podem ser significativas.

A metodologia avaliará o impacto da distribuição espacial e temporal da precipitação conjuntamente com a geomorfologia da bacia e contribuirá para a minimização das limitações acima citadas e, portanto, com o aprimoramento das medidas de controle das inundações, bem como com a gestão dos sistemas de recursos hídricos como um todo.

Como aspectos inovadores da pesquisa em andamento enfatizam-se: (1) a metodologia permite uma descrição mais realista das tormentas de projeto em comparação com as utilizadas atualmente e (2) a qualidade de nossos estudos e projetos tenderá a melhorar na medida em que a metodologia vier a substituir os procedimentos atuais.

REFERÊNCIAS

- BORGES, A. S.; PEREIRA FILHO, A. J. (2000). Análise das condições meteorológicas de superfície antecedentes à precipitação de origem convectiva na cidade de São Paulo. Universidade de São Paulo – USP/IAG/DCA. 7 p.
- DODOV, B.; GEORGIU, E. F. (2005). Incorporating the spatio-temporal distribution of rainfall and basin geomorphology into nonlinear analyses of streamflow dynamics. *Advances in Water Resources* 28, pp. 711-728.
- JENIFFER, K.; SU, Z.; WOLDAI, T.; MAATHUIS, B. (2010). Estimation of spatial-temporal rainfall distribution using remote sensing techniques: A case study of Makanya catchment, Tanzania. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 125, pp. 590-599.
- OLIVEIRA, A. P.; DIAS, P. L. S. (1982). Aspectos observacionais da brisa marítima em São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Pelotas, 1982, 2, pp 129-145.
- PEREIRA FILHO, A.; HALLAK, R.; BARROS, M. T. L. B. (2004). Aspectos sócio-econômicos e hidrometeorológicos das enchentes na Região Metropolitana de São Paulo no período de 2000 a 2004. In *Anais Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais*, Florianópolis, 2004, 1, pp 633-642.
- ROCHA FILHO, K. L. (2010). Modelagem hidrológica da Bacia do Rio Pirajuçara com TOPMODEL, telemetria e radar meteorológico. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. 138 p.
- TUCCI, C. E. M. (2011). Curvas de intensidade de precipitação – Duração e Frequência. Blog do Tucci: Recursos Hídricos e Meio Ambiente, <http://rhama.net/wordpress/?p=236>.